

УДК 620.143

Никитина Е.В.^{1,2}, Карфидов Э.А.^{1,2},
Мазанников М.В.^{1,2}, Потапов А.М.¹, Зайков Ю.П.^{1,2}¹ Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург,
Россия² Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЯХ

В настоящее время для переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) используют водные технологии, обладающие такими минусами как: длительную выдержку ОЯТ до начала переработки, существенное количество жидких отходов. Высокотемпературная электрохимическая технология переработка ОЯТ лишена ряда недостатков существующих ныне технологий, расплавленные соли практически не подвергаются радиолизу и поэтому выдержка ОЯТ до переработки может быть сокращена примерно до одного года.

Солевые расплавы как среды для пирохимических и пирометаллургических методов переработки отработавшего топлива обладают рядом достоинств. Это радиационная стойкость; высокая термическая устойчивость; возможны высокие концентрации делящихся материалов; соли, применяемые, применимые для переработки топлива, не являются замедлителями нейтронов; отсутствуют кинетические затруднения химических процессов, за счет высоких скоростей.

Конструкция реактора на расплавленных солях обладает рядом преимуществ по сравнению с наиболее распространенным вариантом водяного охлаждения: работа происходит при более низком давлении в активной зоне и более высокой температуре; соли фторидов и хлоридов являются перспективными теплоносителями, в результате чего позволяют расширить рабочий температурный интервал установок; при утечке топлива, аварии не образуются взрывоопасные газовые смеси при контакте с водой и влажной атмосферой.

При разработке жидкосолевого реактора одной из наиболее острых проблем является проблема выбора конструкционного материала, стойкого по отношению к окислителям, присутствующим в топливной соли. Для выбора наиболее подходящего из ряда кандидатных материалов, целесообразно расчетно-теоретическое исследование значений изобарно-изотермического потенциала реакций взаимодействия компонентов кандидатных материалов

(никель, медь, молибден, хром, железо, ниобий) с солевой средой фторидных расплавов на основе фторидов лития, натрия, калия (FLiNaK) с содержанием фторидов актиноидов и их имитаторов (фториды плутония, неодима, церия, урана). Расчет равновесия помогает определить направление движущей силы процесса коррозии в данных системах, а также позволяет учитывать реальные концентрации компонентов и их распределение по фазам. Многовариантные расчеты позволяют сопоставить различные материалы и системы между собой по коррозионной стойкости и коррозионной активности соответственно и выбрать наиболее подходящий конструкционный материал.

Для всех реакций окисления компонентов кандидатных конструкционных материалов фторидами компонентов соли изобарно-изотермические потенциалы принимают положительные значения. Это означает, что во всех таких реакциях равновесие смещено в сторону исходных реагентов, то есть в сторону металла. Однако есть некоторые реакции, изотермический потенциал которых близок (по сравнению с другими) к нулю, что означает, что заметная часть металла должна перейти в окисленную форму для поддержания равновесия. При отводе продуктов реакции из системы процесс окисления конструкционного материала может продолжаться. Среди рассмотренных кандидатных конструкционных материалов наименьшее значение изобарно-изотермического потенциала соответствует реакциям окисления хрома, наибольшее – никеля. Среди рассмотренных окислителей наименьшее значение изобарно-изотермического потенциала соответствует реакциям восстановления урана (IV).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Госкорпорации «Росатом» в рамках научного проекта № 20-21-00022;

Funding: The reported study was funded by RFBR and ROSATOM, project number 20-21-00022.